

التكليف السادس – مقرر دراسات نقدية ٣

تحليل نقدي مقارنة بين دراستين في مجال التوأمة
الرقمي وإدارة المرافق

إعداد الطالب: عبدالعزيز محمد السالم
إشراف: الدكتور طارق

جامعة ميدأوشن | كلية الإدارة | ٢٠٢٦



٠٠ | عنوان التكاليف

تحليل نقدي مقارنة لدور التوائم الرقمي في تحسين كفاءة تشغيل وإدارة المباني

أصبح التوأّم الرقمي من التقنيات الحديثة المستخدمة في إدارة الأصول والمرافق، حيث يربط المبنى الفعلي بنموذج رقمي يتم تحديثه من خلال البيانات المستمرة الواردة من أجهزة الاستشعار وإنترنت الأشياء. ويساعد ذلك مديري المرافق على متابعة الإشغال، واستهلاك الطاقة، وأداء الأنظمة، واتخاذ قرارات تشغيلية أكثر دقة.

يهدف هذا التكاليف إلى إجراء مقارنة نقدية بين دراستين تناولتا استخدام التوأّم الرقمي في تشغيل المباني، مع التركيز على الاختلاف في المنهجية والنتائج، وتقييم الإسهام العلمي لكل دراسة، وتحديد قيمتها العلمية والتطبيقية.

بيانات الدراسة

عنوان الدراسة:

Towards an Occupancy-Oriented Digital Twin for Facility Management: Test Campaign and Sensors Assessment

الباحثون:

Seghezzi وآخرون.

سنة النشر:

٢٠٢١.

مجال الدراسة:

استخدام التوأم الرقمي وأجهزة الاستشعار لمراقبة إشغال المباني وتحسين إدارة المرافق.

هدف الدراسة

هدفت الدراسة إلى تطوير نظام لإدارة المباني يعتمد على توأم رقمي موجه نحو قياس الإشغال الفعلي للمساحات، بما يساهم في تحسين استخدام المكاتب وتنظيم أعمال النظافة والصيانة.

كما ركزت الدراسة على التأكد من جودة البيانات التي تجمعها أجهزة الاستشعار، باعتبار أن دقة قرارات التوأم الرقمي تعتمد بصورة مباشرة على دقة البيانات المدخلة إليه.

٠٢ تابع | منهجية الدراسة

اتبعت الدراسة منهج دراسة الحالة التجريبية، حيث طُبقت على مبنى جامعي تابع لجامعة بوليتكنيكو دي ميلانو في إيطاليا. وشملت المنهجية:

١. إعداد نموذج معلومات المبنى BIM.
٢. تحليل طبيعة المساحات وحركة المستخدمين.
٣. تركيب كاميرات ذكية تعتمد على خوارزميات التعلم العميق.
٤. إجراء حملتين لاختبار أجهزة الاستشعار ومعايرتها.
٥. مقارنة حركة الأشخاص الفعلية بالبيانات التي يعرضها النظام الرقمي.
٦. تحليل الأخطاء الفنية والسلوكية والبيئية المؤثرة في جودة البيانات.

استخدمت الكاميرات بطريقة تحافظ على الخصوصية، حيث كان النظام يحول الأشخاص إلى عناصر رقمية مجهولة دون تخزين صورهم أو تسجيل هوياتهم.

٠٢ تابع | أبرز النتائج

كشفت الدراسة عن وجود عدد من المشكلات التي تؤثر في دقة أجهزة الاستشعار، ومنها:

- أعطال الكاميرات وعدم ضبط الإعدادات.
 - وجود مساحات بعيدة عن مجال رؤية الكاميرا.
 - تحريك الأثاث أو وجود عوائق.
 - السلوك غير المتوقع لمستخدمي المبنى.
 - اختلاف الإضاءة باختلاف الوقت والفصل السنوي.
 - في الاختبار الأول، ظهرت مشكلات في ٣٠ غرفة من أصل ٧٠ غرفة. وكانت نسبة كبيرة من الأخطاء مرتبطة بالمشكلات الفنية، وتم علاج معظمها من خلال تعديل إعدادات النظام. وفي الاختبار الثاني ظهرت مشكلات مرتبطة بدرجة أكبر بتباين الإضاءة، حيث شكلت مشكلات الإضاءة نحو ٦٨% من الأخطاء المسجلة.
- أكدت الدراسة أن اختبار أجهزة الاستشعار مرة واحدة لا يُعد كافياً، بل يجب إجراء اختبارات متعددة خلال أوقات وفصول مختلفة قبل الاعتماد على البيانات في اتخاذ القرارات التشغيلية.

٠٢ تابع | نقد الدراسة الأولى

نقاط القوة

اعتمدت على تطبيق فعلي داخل مبنى قائم.
قدمت نتائج واقعية وليست افتراضات نظرية فقط.
اهتمت بجودة البيانات قبل استخدامها في التوائم الرقمي.
تناولت جانب الخصوصية عند استخدام الكاميرات.
أوضحت المشكلات التشغيلية التي قد لا تظهر في النماذج النظرية.

نقاط الضعف

طبقت الدراسة على مبنى واحد فقط، مما يحد من إمكانية تعميم النتائج.
ركزت على مراقبة الإشغال أكثر من بقية وظائف إدارة المرافق.
لم تقدم قياساً مالياً واضحاً لمقدار توفير في تكاليف النظافة أو التشغيل.
لم يصل المشروع وقت الدراسة إلى مرحلة التشغيل الكامل للتوائم الرقمي.
تأثرت النتائج بظروف خاصة بالمبنى، مثل شكل الممرات والإضاءة.

٣.٠ | ثالثاً: الدراسة الثانية

بيانات الدراسة

عنوان الدراسة:

Analysis of Digital Twin Applications in Energy Efficiency: A Systematic Review

الباحثون:

Ba وآخرون.

سنة النشر:

٢٠٢٥.

مجال الدراسة:

تطبيقات التوأم الرقمي في كفاءة الطاقة وتحسين الأداء التشغيلي.

هدف الدراسة

هدفت الدراسة إلى تحليل دور التوأم الرقمي في رفع كفاءة الطاقة وتقليل التكاليف التشغيلية وتحسين الصيانة التنبؤية في المباني والقطاعات المختلفة. كما سعت إلى تحديد أهم التطبيقات والفوائد والتحديات التي تواجه تنفيذ التوأم الرقمي.

منهجية الدراسة

استخدمت الدراسة منهج المراجعة المنهجية للأدبيات وفق إرشادات PRISMA ٢٠٢٠.

وقام الباحثون بالبحث في عدد من قواعد البيانات العلمية، ومنها:

IEEE Xplore

Elsevier

Springer

MDPI

Google Scholar

وبعد تطبيق معايير الاختيار والاستبعاد، تم اختيار ٥٠ دراسة لتحليلها بصورة تفصيلية.

٣٠ تابع | ثالثاً: نقد الدراسة الثانية

نقاط القوة

شملت عدداً كبيراً من الدراسات.
اتبعت خطوات منظمة في البحث والاختيار والتحليل.
قدمت صورة شاملة عن تطبيقات التوأَم الرقمي.
جمعت نتائج من قطاعات ودول وبيئات مختلفة.
أبرزت الفوائد المتعلقة بالطاقة والتكاليف والصيانة.

نقاط الضعف

اعتمدت على الدراسات السابقة ولم تنفذ تجربة ميدانية مستقلة.
اختلفت الدراسات التي تمت مراجعتها في أنواع المباني والتقنيات المستخدمة.
يصعب اعتبار نسبة التوفير في الطاقة قابلة للتحقق في جميع المشاريع.
قد تكون بعض النتائج مبنية على المحاكاة وليس على التشغيل الفعلي.
لم تركز بصورة كافية على سلوك المستخدمين وتأثيره في دقة النظام.

٤ | المقارنة بين الدراستين

عنصر المقارنة	الدراسة الأولى	الدراسة الثانية
نوع الدراسة	دراسة حالة تجريبية	مراجعة منهجية للأدبيات
نطاق الدراسة	مبنى جامعي واحد	٥٠ دراسة من قطاعات مختلفة
المجال الرئيس	الإشغال وإدارة المساحات والنظافة	كفاءة الطاقة والصيانة والتكاليف
أدوات جمع البيانات	كاميرات ذكية، أجهزة استشعار، BIM واختبارات ميدانية	قواعد بيانات وأبحاث علمية منشورة
طبيعة البيانات	بيانات فعلية من مبنى قائم	بيانات ونتائج مستخلصة من دراسات سابقة
أبرز نتيجة	ضرورة معايرة أجهزة الاستشعار واختبارها في ظروف مختلفة	إمكانية تحقيق وفورات في الطاقة وتحسين الأداء التشغيلي
قابلية التعميم	محدودة بسبب تطبيقها على حالة واحدة	أكبر نسبياً بسبب تعدد الدراسات
القيمة التطبيقية	مرتفعة لمديري المرافق عند تنفيذ مشروع فعلي	مرتفعة للتخطيط الاستراتيجي وتحديد اتجاهات الاستثمار
أبرز القيود	محدودية العينة وعدم اكتمال تشغيل التوأم الرقمي	تفاوت جودة الدراسات والاعتماد على نتائج منشورة

٥٠ | الاختلاف في المنهجية والنتائج

الاختلاف في المنهجية

اعتمدت الدراسة الأولى على منهج تطبيقي مباشر، حيث اختبرت أجهزة الاستشعار داخل مبنى حقيقي، وراقبت المشكلات التي ظهرت خلال التشغيل. ولذلك كانت أكثر قدرة على تقديم تفاصيل دقيقة عن التحديات اليومية مثل الإضاءة والعوائق وسلوك المستخدمين.

أما الدراسة الثانية فاتبعت منهجاً تجميعياً، حيث قامت بتحليل نتائج ٥٠ دراسة. وقد منحها ذلك نطاقاً أوسع، لكنه جعلها تعتمد على جودة البيانات والمنهجيات المستخدمة في الأبحاث الأصلية. وبالتالي، فإن الدراسة الأولى تتميز بالعمق التطبيقي، بينما تتميز الدراسة الثانية بالشمول واتساع النطاق.

الاختلاف في النتائج

ركزت الدراسة الأولى على أن التقنية لا يمكن الاعتماد عليها دون معايير دقيقة واختبارات متكررة، وأن جودة أجهزة الاستشعار والبيانات تمثل أساس نجاح التوأم الرقمي.

بينما ركزت الدراسة الثانية على النتائج النهائية الممكن تحقيقها، مثل تقليل استهلاك الطاقة وخفض التكاليف وتحسين الصيانة.

ويلاحظ أن نتائج الدراسة الأولى تفسر أحد الشروط الضرورية للوصول إلى النتائج الإيجابية التي عرضتها الدراسة الثانية؛ إذ لا يمكن تحقيق وفورات الطاقة أو الصيانة التنبؤية دون بيانات صحيحة ودقيقة.

٦ | تقييم الإسهام العلمي لكل دراسة

الاختلاف في المنهجية

اعتمدت الدراسة الأولى على منهج تطبيقي مباشر، حيث اختبرت أجهزة الاستشعار داخل مبنى حقيقي، وراقبت المشكلات التي ظهرت خلال التشغيل. ولذلك كانت أكثر قدرة على تقديم تفاصيل دقيقة عن التحديات اليومية مثل الإضاءة والعوائق وسلوك المستخدمين.

أما الدراسة الثانية فاتبعت منهجاً تجميعياً، حيث قامت بتحليل نتائج ٥٠ دراسة. وقد منحها ذلك نطاقاً أوسع، لكنه جعلها تعتمد على جودة البيانات والمنهجيات المستخدمة في الأبحاث الأصلية. وبالتالي، فإن الدراسة الأولى تتميز **بالعمق التطبيقي**، بينما تتميز الدراسة الثانية **بالشمول واتساع النطاق**.

الاختلاف في النتائج

ركزت الدراسة الأولى على أن التقنية لا يمكن الاعتماد عليها دون معايرة دقيقة واختبارات متكررة، وأن جودة أجهزة الاستشعار والبيانات تمثل أساس نجاح التوأم الرقمي.

بينما ركزت الدراسة الثانية على النتائج النهائية الممكن تحقيقها، مثل تقليل استهلاك الطاقة وخفض التكاليف وتحسين الصيانة. ويلاحظ أن نتائج الدراسة الأولى تفسر أحد الشروط الضرورية للوصول إلى النتائج الإيجابية التي عرضتها الدراسة الثانية؛ إذ لا يمكن تحقيق وفورات الطاقة أو الصيانة التنبؤية دون بيانات صحيحة ودقيقة.

٧٠ | سابعاً: تحديد قيمة كل دراسة علمياً

يمكن اعتبار الدراسة الأولى ذات قيمة علمية وتطبيقية مرتفعة بسبب اعتمادها على تجربة واقعية، إلا أن محدودية موقع التطبيق تقلل من إمكانية تعميم نتائجها.

أما الدراسة الثانية فتتميز بقيمة نظرية واستراتيجية مرتفعة، لأنها تقدم رؤية شاملة عن المجال، ولكن قوة نتائجها تعتمد على جودة الدراسات التي تم تحليلها.

وبناءً على ذلك:

- الدراسة الأولى أكثر قيمة من الناحية التطبيقية والتشغيلية.
- الدراسة الثانية أكثر قيمة من ناحية بناء المعرفة العامة وتحديد الاتجاهات البحثية.
- الجمع بين منهجي الدراستين يقدم صورة أكثر تكاملاً عن التوأمة الرقمي.

٨٠ | الرأي النقدي للباحث

من وجهة نظري، لا يكفي أن تعرض الدراسات فوائد التوأم الرقمي مثل تقليل التكاليف أو استهلاك الطاقة دون توضيح جودة البيانات والأنظمة التي أنتجت هذه النتائج.

وتظهر الدراسة الأولى أن نجاح التقنية يبدأ من جمع البيانات ومعايرة أجهزة الاستشعار، بينما تظهر الدراسة الثانية النتائج الاستراتيجية التي يمكن الوصول إليها بعد نجاح التطبيق.

لذلك فإن أفضل الدراسات المستقبلية هي التي تجمع بين:

- التجربة الميدانية.
- قياس النتائج قبل التطبيق وبعده.
- احتساب العائد المالي.
- قياس رضا المستخدمين.
- تقييم جودة البيانات.
- دراسة المخاطر المتعلقة بالخصوصية والأمن السيبراني.

كما يُفضل تطبيق التوأم الرقمي على أكثر من مبنى ومقارنة النتائج لمدة زمنية لا تقل عن سنة، لمعرفة أثر اختلاف الفصول والإشغال وطبيعة الاستخدام.

٩٠ | تاسعاً: الخاتمة

أوضحت المقارنة أن الدراستين تتفقان على أهمية التوأم الرقمي في تطوير إدارة وتشغيل المباني، ولكنهما تختلفان في المنهجية والتركيز.

ركزت الدراسة الأولى على الجانب التطبيقي وجودة أجهزة الاستشعار وبيانات التشغيل، بينما تناولت الدراسة الثانية الفوائد العامة للتوأم الرقمي في كفاءة الطاقة والصيانة وتقليل التكاليف.

وتوصل التحليل إلى أن الدراسة الأولى قدمت فهماً عميقاً لتحديات التنفيذ، في حين قدمت الدراسة الثانية رؤية شاملة للفوائد والاتجاهات المستقبلية. ولذلك فإن الاستفادة المثلى تتحقق عند الجمع بين نتائج الدراستين لتطوير أنظمة توأم رقمي قابلة للتطبيق والقياس والاستدامة.

Seghezzi, E., Locatelli, M., Pellegrini, L., Pattini, G., Di Giuda, G. M., Tagliabue, L. C., & Boella, G. (٢٠٢١). *Towards an Occupancy-Oriented Digital Twin for Facility Management: Test Campaign and Sensors Assessment*. *secneicS deilppA* .

٣١٠٨، (٧)١١ .

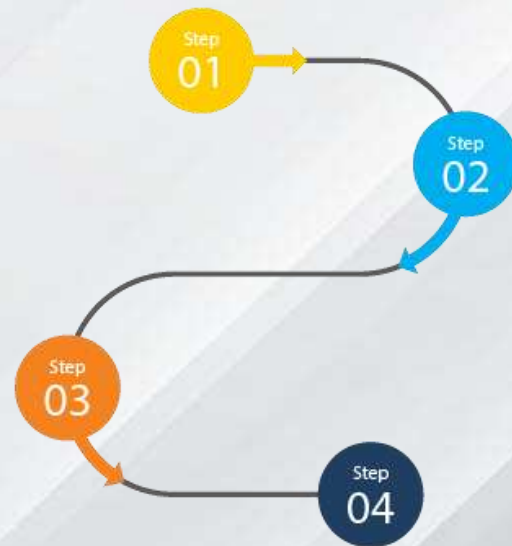
Ba, L., et al. (٢٠٢٥). *Analysis of Digital Twin Applications in Energy Efficiency: A Systematic Review*. *ytilibaniatsuS* .

٣٥٦٠، (٨)١٧ .



Thank You





Teamwork Icons



Creative Process Icons



Help & Support Icons



SEO & Marketing Icons



Teamwork Icons

